

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

11050 U.S. PRO  
09/932943  
08/21/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2000年 8月21日

出願番号  
Application Number:

特願2000-249129

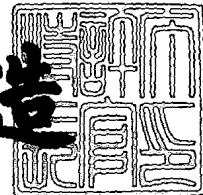
出願人  
Applicant(s):

株式会社東芝  
ジェイエスアール株式会社

2001年 6月27日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3060499

【書類名】 特許願

【整理番号】 46B0060741

【提出日】 平成12年 8月21日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/02  
C09G 1/02  
H01L 21/304

【発明の名称】 CMP用スラリ及び半導体装置の製造方法

【請求項の数】 9

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
横浜事業所内

【氏名】 南幅 学

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
横浜事業所内

【氏名】 倉嶋 延行

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝  
横浜事業所内

【氏名】 矢野 博之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区築地 2 - 1 1 - 2 4 ジェイエスアール株  
式会社内

【氏名】 川橋 信夫

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区築地 2 - 1 1 - 2 4 ジェイエスアール株  
式会社内

【氏名】 服部 雅幸

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区築地 2 - 1 1 - 2 4 ジェイエスアール株式会社内

【氏名】 西元 和男

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【電話番号】 03-3457-2520

【特許出願人】

【識別番号】 000004178

【氏名又は名称】 ジェイエスアール株式会社

【電話番号】 03-5565-6598

【代理人】

【識別番号】 100097629

【弁理士】

【氏名又は名称】 竹村 壽

【電話番号】 03-3843-4628

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004961

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 CMP用スラリ及び半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 溶媒とこの溶媒に分散した研磨粒子とを備え、前記研磨粒子は、1次粒子径及び分散状態がコントロールされた1種類もしくは2種類以上のコロイダル粒子からなることを特徴とするCMP用スラリ。

【請求項2】 前記コロイダル粒子は、少なくとも1種は、シリカからなることを特徴とする請求項1に記載のCMP用スラリ。

【請求項3】 前記分散状態は、前記コロイダル粒子の会合度が5以下であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のCMP用スラリ。

【請求項4】 前記コロイダル粒子が凝集している場合において、この凝集体の3次粒子径は、100nmより小さいことを特徴とする請求項3に記載のCMP用スラリ。

【請求項5】 前記コロイダル粒子が1種類である場合において、前記コロイダル粒子の1次粒子径は、5～30nmであることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載のCMP用スラリ。

【請求項6】 前記コロイダル粒子が2種類以上である場合において、第1のコロイダル粒子の1次粒子径は、5～20nmであり、第2以上のコロイダル粒子の1次粒子径は、20nmより大きいことを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載のCMP用スラリ。

【請求項7】 前記コロイダル粒子が2種類以上である場合において、前記第1のコロイダル粒子に対する前記第2以上のコロイダル粒子の混合比は、10～90重量%であることを特徴とする請求項6に記載のCMP用スラリ。

【請求項8】 前記コロイダル粒子が3種類以上である場合において、各コロイダル粒子は、全コロイダル粒子の10重量%以上の割合で含まれていることを特徴とする請求項1乃至請求項4にいずれかに記載のCMP用スラリ。

【請求項9】 半導体基板上に形成された絶縁膜表面に配線溝を形成する工程と、

前記配線溝内部を含む前記絶縁膜上に金属膜を堆積させる工程と、

前記金属膜表面を請求項1乃至請求項8のいずれかに記載されたスラリを用いてCMPを行い、前記配線溝に埋め込まれた前記金属膜以外の金属膜を除去する工程とを備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、CMP用スラリに関し、とくにDRAMや高速ロジックLSIに搭載されるAl、Cu、Wなどの金属を主成分とするダマシン配線形成するためのCMP用スラリ及びこれを用いた半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体装置の製造技術では、LSIの高性能化に伴い、配線の微細化、高密度化及び多層化が急速に進んでいる。また、デザインルールがシュリンクされていくばかりではなく、新しい材料の導入も活発に行われている。例えば、配線材料にはCuを主成分とするものや有機系や多孔質など低誘電率系の層間絶縁膜（ILD）などの開発が進んでいる。

とくに、CMP（Chemical Mechanical Polishing）（化学的機械的研磨）技術は、配線もしくは接続配線を絶縁膜に埋め込み形成するデュアルダマシンプロセスに適用すると工程数が削減でき、さらに、ウエハ最表面の凸凹を緩和することにより、リソグラフィプロセスのフォーカスマージンを確保することもできる。また、CMP技術は、Cuなどドライエッチングが困難である材料で配線を形成することも可能であるため、欠かすことのできない重要技術となっている。

現在のメタルダマシン配線プロセスでは、スループットを向上させるために高研磨速度が望まれ、また、高性能配線を形成するためには、配線などのメタル部や層間絶縁膜などの低エロージョン（Erosion）及び配線などのメタル部や層間絶縁膜などの低スクラッチが達成できるCMPプロセスが望まれている。CMP方法では配線などをオーバーポリッシングによるディッシング（Dishing）によるメタルロス、及び絶縁膜をオーバーポリッシングで生じるシニング（Thinning）によるメタルロスが起き易く、これらをたしてエロージ

.. ヨンという。

【0003】

.. CMP特性は、主として、スラリと研磨パッドにより決まるものと発明者等は考えている。研磨パッドは、低エロージョンを得るために、ある程度の堅さは必要である。現在、R o b e l 社で市販されているハードP a d ( I C 1 0 0 0 - P a d ) よりも柔らかいものではエロージョンを制御することはどんなスラリを用いても困難であると考えている。

しかしながら、前記ハードP a d では、低エロージョンは実現できるが、スラリ中に含まれる粗大粒子、過度の凝集体によるスクラッチあるいはスクラッチに起因する膜剥がれを無くすことは難しく、したがって、現状では低エロージョンと低スクラッチ化はトレードオフの関係にある。

したがって、低エロージョン及び低スクラッチの両方を実現するためには、前記ハードP a d を用いてもスクラッチの生じないようにスラリ側の改善を図る必要がある。

一般的にスラリをデザインする時には研磨面の表面状態、とくに表面に形成される変質層あるいは保護膜と、それを研磨する研磨粒子の2つに注目する必要がある。変質層あるいは保護膜としては、メタルの酸化物、錯化物などが形成されるが、これらは、高研磨速度、低エロージョン、保護膜が形成された表面を有するメタル部のスクラッチには重要な要素である。

【0004】

また、ダマシン配線を形成する際には層間絶縁膜に対してもケアしなければならない。すなわち、低研磨速度、低エロージョン、低スクラッチであることが望ましい。ほとんどの場合、変質層あるいは保護膜による基板ダメージよりも、粒子によるダメージによるものである。つまり、上記の一連の課題をクリアするためには研磨中の粒子の状態をCMP向きにコントロールすることが重要となる。

従来技術で使用される研磨粒子は、ほとんどがフュームド法で形成されたシリカやアルミナである。これは、安価であり、高純度であり、CMP特性も比較的安定していることが採用されている主な理由である。また、フュームド法で形成

された粒子は、製造過程で凝集体（2次粒子）が形成され、これが研磨速度を高める効果が考えられている。1次粒子径が10 nm程度でも、ある程度研磨速度が得られるのはこのためと考えられる。

しかしながら、研磨粒子を厳密にコントロールし、CMP特性を向上させようとするならば、フュームド法で形成された粒子は、1次粒子径のバラツキが大きいこと、2次粒子が大きすぎることで、粗大粒子が形成され易いなどの問題が多く存在する。

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

図1は、フュームド法で形成されたシリカ及びゾルゲル法で形成されたコロイダル粒子からなるシリカの1次粒子径の対数正規プロットを示している。図において、縦軸は、累積度数（％）を表わし、横軸は、粒子径（nm）を表わしている。コロイダル粒子の累積度数曲線Aは、粒子径15 nmが11.8％を占める（○）曲線、コロイダル粒子の累積度数曲線Bは、粒子径12.9 nmが12.9％を占める（○）曲線、フュームド法粒子の累積度数曲線Cは、粒子径25.2 nmが25.2％を占める（○）曲線である。

図1に示すように、コロイダル粒子は、フュームド法に比べ、粒子径のバラツキが小さい。また、コロイダル粒子は、凝集して粗大粒子を生成することはないので、粒子をコントロールするという観点からすると、取り扱い易い粒子といえる。しかし、コロイダル粒子は、図2に示すように、1次粒子径が10 nm程度と小さい場合、エロージョン及びスクラッチはほとんど生じないが、研磨速度が著しく低下する。一方、50 nm以上の大きな粒子になると、逆に研磨速度は向上するが、エロージョン、スクラッチが劣化する傾向にあり、フュームド法による小粒径粒子の特性とほとんど変わらなくなってしまう。

#### 【0006】

図2は、CMP方法に用いるコロイダル粒子の粒子径（nm）の変化に伴う銅（Cu）の研磨速度の変化及びエロージョンの大きさ（nm）を表している。図において、縦軸左が研磨速度（nm/min）、縦軸右がエロージョンの大きさ（nm）を表わし、横軸がコロイダルシリカ粒子の粒子径（nm）を表わしてい

る。図において、曲線Dは、コロイダルシリカの粒子径の変化にともなうエロージョンの大きさを示す特性線であり、曲線Eは、コロイダルシリカの粒子径の変化に伴うCuの研磨速度の大きさを示す特性線である。

コロイダル粒子は、凝集体を形成せずに、小粒径粒子の低エロージョン、低スクラッチの得られる特性と、大粒子の高研磨速度の特性を併せ持っている。粒子デザイン、コントロールが可能ならば、上記の一連の課題を解決できる理想的なスラリが得られる。ここでいう、コロイダル粒子とは、金属の有機及び無機化合物をもとに、液の中で化合物の加水分解や重合によって得られた金属酸化物、水酸化物の安定分散した微粒子を指す。

本発明は、このような事情によりなされたものであり、コロイダル粒子を用いて、その理想的な粒子バランスを実現するCMP用スラリ及びこのスラリを用いてCMP方法を行う半導体装置の製造方法を提供する。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は、1次粒子径及び分散状態（単分散あるいは5個まで会合（会合度5といい、会合度は、2次粒子径／一次粒子径を意味している）することを可能にする）をコントロールした、少なくとも1種類以上のコロイダル粒子を研磨粒子としてスラリに含むようにすることを特徴としている。このスラリを用いてCuなどの金属のCMPを行って、エロージョンが小さく、且つ欠陥の少ない埋め込み（ダマシン）配線を形成することができる。

すなわち、本発明のCMP用スラリは、溶媒とこの溶媒に分散した研磨粒子とを備え、前記研磨粒子は、1次粒子径及び分散状態がコントロールされた1種類もしくは2種類以上のコロイダル粒子からなることを特徴としている。前記分散状態は、前記コロイダル粒子の会合度が5以下であるようにしても良い。前記コロイダル粒子が凝集している場合において、この凝集体の3次粒子径は、100nmより小さいようにしても良い。前記コロイダル粒子が1種類である場合において、前記コロイダル粒子の1次粒子径は、5～30nmであるようにしても良い。前記コロイダル粒子が2種類以上である場合において、第1のコロイダル粒子の1次粒子径は、5～20nmであり、第2以上のコロイダル粒子の1次粒子



径は、20nmより大きいか、好ましくは20nmより大きく、60nm以下であるようにしても良い。前記コロイダル粒子が2種類以上である場合において、前記第1のコロイダル粒子に対する前記第2及びそれ以外のコロイダル粒子の混合比は、10～90重量%であるようにしても良い。前記コロイダル粒子が3種類以上である場合において、各コロイダル粒子は、全コロイダル粒子の10重量%以上の割合で含まれているようにしても良い。

# 【0008】

半導体装置の製造方法は、半導体基板上に形成された絶縁膜表面に配線溝を形成する工程と、前記配線溝内部を含む前記絶縁膜上に金属膜を堆積させる工程と、前記金属膜表面を請求項1乃至請求項7のいずれかに記載されたスラリを用いてCMP処理を行い、前記配線溝に埋め込まれた前記金属膜以外の金属膜を除去する工程とを備えたことを特徴としている。

なお、前記2種類以上のコロイダル粒子は、単独でスラリ中に分散しているかあるいはこのコロイダル粒子が～5個会合している状態である3次粒子径が100nmを越えない凝集体を形成しているようにしても良い。また、前記コロイダル粒子は、ゾルゲル法で形成されたものであり、金属アルコキシドとしては、 $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ 、 $\text{Si}(\text{sec-OC}_4\text{H}_9)_4$ 、 $\text{Si}(\text{OCH}_3)_4$ 、 $\text{Si}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$ 等のSi化合物、 $\text{Al}(\text{iso-OC}_3\text{H}_7)_3$ 、 $\text{Al}(\text{OCH}_3)_3$ 、 $\text{Al}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$ 、 $\text{Mg}[\text{Al}(\text{iso-OC}_3\text{H}_7)_4]_2$ などのAl化合物、 $\text{Ti}(\text{iso-OC}_3\text{H}_7)_4$ 、 $\text{Ti}(\text{OC}_4\text{H}_9)_4$ などのTi化合物、 $\text{Cu}(\text{OCH}_3)_2$ などのCu化合物、その他Ta、V、Fe、W、Ge、Zr系化合物を用い、これら金属を主成分とする、酸化物、炭化物、水酸化物及び窒化物あるいはこれらの混合物、混晶物であるようにしても良い。前記スラリに酸化剤を含有させることも可能であり、この酸化剤(1)として、過硫酸アンモニウム、過硫酸カリウム、過酸化水素水、硝酸第二鉄、硝酸アンモニウムセリウムなどをスラリ中に0.1～5wt%程度含むようにしても良い。また、研磨速度の向上をはかる添加剤(2)としてマロン酸、シュウ酸、コハク酸などの有機酸、グリシン、アラニン、トリプトファンなどのアミノ酸などをスラリに0.01～3wt%程度含有させるようにしても良い。

## 【0009】

さらに、エロージョン及びスクラッチを低減させる酸化抑制剤(3)として、アニオン、カチオン、ノニオンが含まれており、その中でも、ドデシルベンゼンスルホン酸、ポリオキシエチレンアルキルアミン、POE(13.3)ラウリルエーテルなどを0.01~1wt%程度含有するようにしても良い。これらの添加剤は、(1)、(2)、(3)は、全て添加しても良いし、あるいは(1)+(2)、(1)+(3)、(2)+(3)もしくは単独でも構わない。前記スラリーのpHは、コロイダル粒子の等電点±1程度ずらすことが望ましいが、基本的にはpH0.5~12の領域で使用するようにしても良い。前記半導体装置の製造方法に用いられた絶縁膜は、シラン系ガス、TEOS系ガスを用いて形成された無機質絶縁膜、また、これらに誘電率を低くすることを目的にFを含有した絶縁膜や有機系膜や多孔質膜のように柔らかく、脆く、剥がれ易く、疎水性を有するようなLow-K絶縁膜を用いるようにしても良い。また、前記金属膜は、Cu、Al、W、Ti、Mo、Nb、Ta、V、或いはこれらの積層膜、あるいはこれらを主成分とする合金、窒化物、ホウ化物、酸化物からなる材料を用いるようにしても良い。

ここで、1次粒子径は、研磨粒子の比表面積をBET法で測定し、この値より球状換算した粒子径を計算して求めるか、もしくは電子顕微鏡写真で測定することができる。2次粒子径は、動的光散乱法又はレーザー回折法もしくは電子顕微鏡法で測定することができる。分散状態を示す会合度は、2次粒子径/1次粒子径を表わしている。また、1次粒子が会合した2次粒子をさらに凝集させた状態のものを3次粒子とよび、3次粒子径は、動的光散乱法又はレーザー回折法もしくは電子顕微鏡法で測定することができる。

## 【0010】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して発明の実施の形態を説明する。

まず、図3乃至図5を参照して第1の実施例を説明する。

図3は、CMP処理を工程に含む半導体装置の製造工程を説明する工程断面図、図4は、CMP処理によるエロージョンのオーバーポリッシュ依存性を示す特

性図、図5は、Cu研磨速度及びエロージョンに対する研磨粒子中の小粒子濃度依存性を示す特性図である。この実施例は、溶媒とこの溶媒に分散した研磨粒子などとを備え、前記研磨粒子は、1次粒子径及び分散状態がコントロールされた2種類のコロイダル粒子からなるCMP用スラリーを用いて、例えば、シリコン半導体などの基板上に形成され、配線溝を有する絶縁膜上に堆積された金属膜をCMP方法により研磨することによって、配線溝に埋め込まれた金属膜を残してそれ以外の金属膜を除去する工程を実施する。

#### 【0011】

図に示すように、例えば、半導体素子などが作り込まれた基板100上に、例えば、シリコン酸化膜などの絶縁膜101を形成する。次に、絶縁膜101の表面を平坦化してから、深さ400nmの配線溝105をパターンニングする。次に、膜厚10nm程度のバリア膜として用いられるTa<sub>2</sub>N<sub>5</sub>ライナ（Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>膜）102を絶縁膜101及び配線溝105の内壁上に堆積させる。そして、この上に膜厚800nmのCu膜103をシード層部分のスパッタリング法及びその上のメッキ法により堆積させる（図3（a））。次に、この実施例のスラリーを基板100表面に供給しながらCu膜103の表面をCMP方法により研磨し、不要部分を除去する。そして、配線溝105にのみCu膜103を残すようにし、この配線溝105内部のCu膜をCu配線106とする（図3（b））。CMP処理は、Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>膜101でストップさせる。

スラリー成分は、酸化剤に過硫酸アンモニウムを加え、酸化抑制剤としてキナリン酸、ドデシルベンゼンスルホン酸カリウムを加え、スラリーpHを水酸化カリウム水溶液を加えてスラリーのpHを9.2にコントロールする。研磨粒子は、1次粒子径15nmのコロイダルシリカ1:0.8%、1次粒子径40nmのコロイダルシリカ2:0.2%の2種類のコロイダル粒子を用いる。これらコロイダルシリカは、有機シラン（TEOS）の加水分解により生成したものである。また、ケイ酸ナトリウムを原料とし、ナトリウムを排除したものでも良い。研磨条件は、スラリーフロー：200cc/分、研磨パッドにIC1000/SUBA400、荷重（DF）：300g/cm<sup>2</sup>、トップリング（TR）回転数：100rpm、ターンテーブル（TT）回転数：100rpmの条件でCMP処理を行

う。

#### 【0012】

本発明とフュームド法による従来技術のCMP処理によるCMP特性を図4に示す。図4の縦軸は、エロージョン (Erosion) / 配線幅  $100\mu\text{m}$  の大きさ (nm) を表わし、横軸は、オーバーポリッシュ (%) を表わしている。

従来技術によればCu膜の研磨速度が  $432\text{nm}/\text{分}$ 、エロージョン (配線幅が  $100\mu\text{m}$  に対し、+100%のオーバーポリッシュがある場合 (配線溝内部のCu配線がなくなる場合を意味する)) が  $400\text{nm}$  であった。

これに対し、本発明の方法を用いると、Cu研磨速度が  $520\text{nm}/\text{分}$  と約20%向上し、エロージョンが  $28\text{nm}$  と飛躍的に改善することができた。

研磨速度の向上及びエロージョンの改善の理由は、Cu配線の表面に形成される保護膜と小さいコロイダルシリカの何らかの相互作用が働いているからであると考えられる。

#### 【0013】

この実施例で用いられるスラリーのコロイダルシリカ1とコロイダルシリカ2のバランスについては、図5のような関係にある。図において、縦軸左は、Cu研磨速度 ( $\text{nm}/\text{min}$ )、縦軸右は、エロージョンの大きさ (nm) を表わし、横軸は、粒子径  $15\text{nm}$  のコロイダルシリカ粒子 (コロイダルシリカ1) の濃度 (wt%) / 研磨粒子トータル (コロイダルシリカ1 + コロイダルシリカ2) の濃度 (1wt%) を表わしている。曲線Fは、コロイダルシリカ ( $15\text{nm}$ ) 濃度の変化に伴うエロージョンの大きさを示す特性曲線、曲線Gは、コロイダルシリカ ( $15\text{nm}$ ) 濃度の変化に伴うCu研磨速度を示す特性曲線を表わしている。Cu膜に対して研磨力のある (研磨速度の大きい) コロイダルシリカ2 ( $40\text{nm}$ ) は、0.5wt% (研磨粒子全体の濃度1wt%の場合) までは、コロイダルシリカ2単独と同じような特性を有しているが、それ以降コロイダルシリカ1の割合が増えるにつれ、低エロージョン、高速研磨度が両立するようになる。コロイダルシリカ1が0.9 (粒子全体濃度9割の場合) 以上になると、コロイダルシリカ1単独の特性になってしまう。

#### 【0014】

ここでは、TaN膜102の研磨速度が小さく（コロイダルシリカ2リッチになるとTaN102のレートが速い）、粒子のコントロールマージン（コロイダルシリカ1：0.9wt%以降はCMP特性劣化するので）を考慮し、コロイダルシリカ2：0.2wt%を選択した。

また、TaNは、粒子径の大きいシリカで容易に削られ易い。TaN膜102でポリッシュストップさせるプロセスには使い難いが、従来のフュームドシリカから本発明のコロイダルシリカにすることにより、TaN膜102の研磨速度を1/5（約3nm/分）とすることができ、より確実にTaN膜102でポリッシュを止めることができる。

最後に、TaN膜102の不要部分（絶縁膜101の表面に形成されたTaN膜部分）を、例えば、コロイダルシリカ（30nm）：3wt%、エチレンジアミン：0.05wt%、pH10のスラリーを用い、スラリーフロー：200cc/分、DF：300g/cm<sup>2</sup>、TR回転数：50rpm、TT回転数：50rpm、70秒間の条件でCMPを行って、除去する（図3（c））。このようにして配線溝105に埋め込み配線106が形成される。

#### 【0015】

本発明により、Cuに対する高研磨速度が得られるため、スループットが向上し、さらに低エロージョンでCuダマシン配線が形成され、高性能回路の形成が可能となる。

また、この実施例で示されるように、本発明のスラリーは、研磨中の摩擦（テーブルモータのトルクセンサ電流値）も小さいことから、剥がれに対しても有利であると推測される。さらに、2種類のコロイダル粒子をブレンドすることにより、研磨速度のウエハ面内の均一性が改善される。とくにウエハエッジ部の研磨速度が向上するために、配線のショート歩留まりが、従来の1種類粒子の80～90%から、本発明では100%に改善された。

この実施例により、Cuなど金属膜の研磨速度の向上と、エロージョンの大幅な改善が達成され、例えば、Cuダマシン配線の形成が容易になる。

#### 【0016】

次に、図6及び図7を参照して第2の実施例を説明する。

図6は、CMP処理を工程に含む半導体装置の製造工程を説明する工程断面図である。この実施例は、溶媒とこの溶媒に分散した研磨粒子などを備え、前記研磨粒子は、1次粒子径及び分散状態がコントロールされた1種類のコロイダル粒子からなるCMP用スラリーを用いて、例えば、シリコン半導体などの基板上に形成され、配線溝を有する絶縁膜上に堆積された金属膜をCMP方法により研磨することによって、配線溝に埋め込まれた金属膜を残してそれ以外の金属膜を除去する工程を実施する。例えば、このスラリーを用いて金属膜をCMP処理し、その際に多孔質もしくは有機系絶縁膜に対してスクラッチダメージの生じないプロセスを説明する。

まず、シリコン半導体などの基板200上に深さ400nmの配線溝205をパターンニング形成した絶縁膜201を形成する。ここで用いる絶縁膜210は、多孔質膜や有機系膜のように柔らかく、脆く、剥がれ易い膜である。次いで、Nbライナ(Nb膜)202を15nm厚程度及びAl膜203を800nm厚程度をスパッタリングにより堆積させる(図6(a))。

#### 【0017】

次に、Al膜203の不要部分をCMPにより除去する(図6(b))。ここで用いたスラリー成分は、フュームド法で形成したアルミナとシリカの混晶粒子を研磨粒子とした。スラリーに添加する酸化剤に0.5wt%の過硫酸アンモニウム、酸化抑制剤に0.02wt%のキルナジン酸を使用した。このスラリーを用いて150秒間基板200表面を研磨し、Nb膜202でストップする。この処理の場合、Nb膜202でストップしているので、フュームド法で形成した粒子を用いても、絶縁膜201に対してダメージは少ない。次に、Nb膜202の不要部分を除去して、配線溝205にのみAl膜203を残して、これを埋め込み配線206とする(図6(c))。

この処理においてこの実施例のスラリーを用いる。

このCMP処理工程ではNb膜除去時に絶縁膜も同時に研磨されてしまうため、研磨粒子による絶縁膜へのダメージも考慮しなければならない。

#### 【0018】

図7は、絶縁膜に対する本発明と従来技術(フュームド法)のCMP特性を示

す特性図である。図7において、縦軸は、絶縁膜に対するスクラッチ数（個）を表わし、横軸は、スラリに含有されるコロイダルシリカの粒子径（nm）を表わしている。図に示すように、コロイダルシリカ研磨粒子を含有するスラリを用いる従来技術では、有機系絶縁膜に対し、8インチウエハ当たりスクラッチが1689個であった。これに対し、この実施例によるスラリを用いるとコロイダルシリカ粒子径が小さくなるに従い、スクラッチ数が激減することがわかる。そして、粒子径が15nmの小さいコロイダルシリカ粒子（このときの会合度は1.5である）を用いることにより、柔らかく、脆く、且つ疎水性の有機系絶縁膜に対しても殆どスクラッチをつけることなく研磨することができる。

柔らかく、脆い有機系絶縁膜に対してもスクラッチを付けることなくCMPをすることができる理由は、1次粒子のバラツキを抑え、粗大粒子が形成され難い状態になったためであると思われる。また、3次粒子径が100nm以上となってもスクラッチが多く発生してしまい、実用性がないことも分かっている。

#### 【0019】

デバイスを作るためには絶縁膜に対するスクラッチをゼロにしなければならない。したがって、本発明の粒子径は小さく、且つ単分散あるいは5個までの会合度の粒子でなければ適用することができない。

研磨粒子が無い場合、絶縁膜表面の状態により研磨パッドとの擦れによる剥がれや研磨中のダスト起因によるスクラッチが発生する。そのため、本発明のように分散状態をコントロールした研磨粒子を用いることにより、研磨パッドとの摩擦を低減し、柔らかく、脆い有機系絶縁膜の剥がれをなくすことが出来る。

この研磨粒子を用い、スラリ成分として酸化剤に1wt%の過硫酸アンモニウム、酸化抑制剤として0.05wt%のキナルジン酸、さらにカオチン界面活性剤を0.025wt%添加した。

#### 【0020】

研磨条件は、研磨パッドにポリテックス（商品名：Polite x）、スラリー流量：200cc/分、DF：300g/cm<sup>2</sup>、TR回転数：60rpm、TT回転数：100rpmで行った。

その結果、絶縁膜にダメージを与えることなく研磨でき、ダマシン配線を形成

することが出来た。

この実施例により、有機系絶縁膜や多孔質絶縁膜のように柔らかく、脆く、剥れ易い膜に対しても、ダメージを与えることなくCMP処理をすることが可能となる。そのためダマシン配線を多層に形成した場合、各層でのスクラッチに起因する上層膜の剥れ、配線形成時のメタル残りのための電流ショート、リソグラフィプロセスのフォーカスずれによるパターン形状の異常等を大幅に改善する。

#### 【0021】

次に、図8を参照して第3の実施例を説明する。

図8は、CMP処理を工程に含む半導体装置の製造工程を説明する工程断面図である。この実施例は、溶媒とこの溶媒に分散した研磨粒子などを備え、前記研磨粒子は、1次粒子径及び分散状態がコントロールされた3種類のコロイダル粒子からなるCMP用スラリーを用いて、例えば、シリコン半導体などの基板上に形成され、配線溝を有する絶縁膜上に堆積された金属膜をCMP方法により研磨することによって、配線溝に埋め込まれた金属膜を残してそれ以外の金属膜を除去する工程を実施する。この実施例では、例えば、タングステン(W)の研磨速度の向上と、エロージョンの大幅な改善が達成されるWダマシン配線の形成方法を説明する。

まず、シリコン半導体などの基板300上に、深さ400nmの配線溝305をパターニング形成したシリコン酸化膜などの絶縁膜301を形成する。次に、TiN膜302を15nm厚程度及びW膜303をCVD法により600nm厚程度堆積する(図8(a))。次に、W膜103及びTiN膜302の不要部分をCMPにより除去する(図8(b))。これが1st-stepポリッシュである。

#### 【0022】

スラリー成分は、酸化剤に5wt%の硝酸第2鉄、添加剤として1wt%のマロン酸、0.5wt%の過硫酸アンモニウム等を入れる。スラリーのpHは、1.5に調整する。研磨粒子は、下記に示すような狙いで3種類のコロイダル粒子を用いた。

Wの研磨速度の高速化：コロイダルシリカ1(粒子径15nm)を2.5wt



.. %、

TiNの高速化：コロイダルシリカ2（粒子径40nm）を0.3wt%、

絶縁膜の傷とり：コロイダルアルミナ（粒子径15nm）を0.2wt%とした。これら粒子はすべて会合度を1.5であった。

CMP条件は、スラリフロー：200cc/分、研磨パッドにIC100-Pad（商品名）、DF：300g/cm<sup>2</sup>、TR回転数：100rpm、TT回転数：100rpmであり、この条件で160秒間のCMPを行った。

その結果、エロージョン（配線幅：5μm、+50%のオーバーポリッシュ）は30nmであった。これに対し、従来技術では、研磨時間210秒、エロージョンは180nmであり本発明と比べるまでもない。

#### 【0023】

この実施例により、Wなど金属膜の研磨速度の向上と、エロージョンの大幅な改善が達成され、例えば、Wダマシン配線の形成が容易になる。

次に、図2、図3及び図9を参照して第4の実施例を説明する。

図9は、Cu研磨速度及びエロージョンに対する研磨粒子の会合度依存性を示す特性図である。この実施例は、1種類のコロイダル粒子を研磨粒子として用いる点で第1の実施例とは相違している。すなわち、1種類のコロイダル粒子を用い、エロージョンが改善されるCuダマシン配線を形成する方法である。

CMPを行う工程及びサンプル構造は第1の実施例と同様である。すなわち、Cu膜103の不要部分をCMPにより除去する工程、Ta<sub>2</sub>N膜102でCMPをストップさせる工程（図3参照）は、第1の実施例と同じである。これまで2種類の粒子をブレンドすることにより1種類では得られないCMP特性を引き出してきたが、図2に示すように、会合度が1.5で粒子径が25nmのみのコロイダル粒子を用いた場合においても、CMP特性は、従来技術に比較しても改善されている。

#### 【0024】

このような改善は、研磨粒子であるコロイダル粒子の粒子径が小さくコントロールされていることに起因している。また、このCMP特性は、粒子の状態に依存するため、粒子径（1次粒子径）だけでなく、会合度（2次粒子径/1次粒子

径)のコントロールも重要である。例えば、図9に示すように、粒子径を25nmとし、会合度を1、5、3、5、7と変化させてCMP特性を調べると、Cu研磨速度及びエロージョンは、緩やかに増加する傾向を示している。図9において、縦軸左は、Cu研磨速度(nm/min)、縦軸右は、エロージョンの大きさ(nm)を表わし、横軸は、スラリに含まれるコロイダル粒子の会合度を示している。曲線Hは、会合度の変化に伴うエロージョンの大きさを示す特性曲線、曲線Iは、会合度の変化に伴うCu研磨速度を示す特性曲線を表わしている。エロージョンは、会合度が増加するに従って劣化する方向へシフトする。更に会合度5を越えると、Cu膜103及びTa<sub>2</sub>N膜102上に細かなスクラッチが多く発生するので実用的ではない。このため会合度は、5以下にするのが好ましい。またこの実施例の粒子径25nm、会合度3のスラリを用いると、エロージョンを従来の116nm(図4参照)から66nmと小さく抑制できる。

この実施例により、Cuなど金属膜の研磨速度の向上と、エロージョンの大幅な改善が達成され、例えば、Cuダマシン配線の形成が容易になる。

#### 【0025】

次に、図10及び図11を参照して本発明を実施するCMP処理について説明する。図10に、本発明のスラリ(研磨剤)を用いてCMPを実施するためのポリッシング装置の概略断面図を示し、以下にその機構を説明する。ステージ21上にベアリング22を介して研磨盤受け23が配置されている。この研磨盤受け23上には研磨盤24が取り付けられている。研磨盤(ターンテーブル)24の上には半導体ウエハをポリッシングする研磨パッド25が張り付けられている。研磨盤受け23及び研磨盤24を回転させるためにこれらの中心部分に駆動シャフト26が接続されている。この駆動シャフト26は、モーター27により回転ベルト28を介して回転される。一方、半導体ウエハ20は、研磨パッド25と対向する位置に配置され、真空又は水張りにより吸着盤(トップリング)31に取り付けられた吸着布30及びテンプレート29に固定されている。トップリング31は、駆動シャフト32に接続されている。またこの駆動シャフト32は、モーター33によりギア34及び35を介して回転される。この駆動シャフト32は、駆動台36に固定されている。駆動台36は、シリンダ37に取り付けら

れ、このシリンダ 3 7 による上下の移動に伴い、駆動台 3 6 は上下する。トップリング 3 1 に固定された半導体ウエハ 2 0 と研磨パッド 2 5 の間にはスラリが供給される。このようにして半導体ウエハ 2 0 のポリッシングが行われる。

#### 【 0 0 2 6 】

次に、図 1 1 を参照して本発明に係る CMP 方法を説明する。

図 1 1 は、上記スラリを用いて実際に半導体ウエハをポリッシングするポリッシング装置の斜視図である。例えば、約 3 0 回転/分で回転する研磨盤 2 4 に張り付けられた研磨パッド 2 5 に、例えば、約 3 0 回転/分で回転する駆動シャフト 3 2 に取り付けられたトップリング 3 1 に固定された半導体ウエハを押し付け、スラリタンク（図示せず）から導出されたスラリ供給パイプ 3 8 から供給されるスラリを加工点に滴下しながらポリッシングを行う。

なお、この実施例は、一例にすぎず、本発明は、これに限定されるものではない。研磨時の荷重、トップリング及びターンテーブルの回転数などに関しても適宜変更可能である。また、コロイダル粒子は、シリカ（ $\text{SiO}_2$ ）を中心に実施例を説明したが、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{CuO}$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{TiN}$  など研磨対象、スラリ添加剤などにより適宜変更可能である。

その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の変更が可能である。

#### 【 0 0 2 7 】

##### 【発明の効果】

本発明は、以上の構成により、1 次粒子径及び分散状態（単分散あるいは会合度： $\sim 5$ ）をコントロールした少なくとも 1 種類以上のコロイダル粒子を用いることにより高研磨速度及び低エロージョンのメタル CMP を実現させることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

CMP 用スラリに含まれるコロイダル粒子とフュームド粒子のバラツキを示す特性図。

##### 【図 2】

CMP 用スラリに含まれるコロイダル粒子サイズの  $\text{CuRR}$  とエロージョンの

関係を示す特性図。

【図 3】

本発明の第 1 の実施例を説明する製造工程断面図。

【図 4】

CMP 処理によるエロージョンのオーバーポリッシュ依存性を示す特性図。

【図 5】

CMP 処理による CuRR とエロージョンの小粒子 (15 nm) の濃度依存性を示す特性図。

【図 6】

本発明の第 2 の実施例を説明する製造工程断面図。

【図 7】

CMP 処理におけるスクラッチ数とコロイダル粒子サイズの関係を示す特性図。

【図 8】

本発明の第 3 の実施例を説明する製造工程断面図。

【図 9】

本発明の第 4 の実施例において CMP 用スラリに含まれるコロイダル粒子の CuRR 及びエロージョンの会合度依存性を示す特性図。

【図 10】

CMP 処理を実施するポリッシング装置の断面図。

【図 11】

CMP 方法を説明するポリッシング装置の部分斜視図。

【符号の説明】

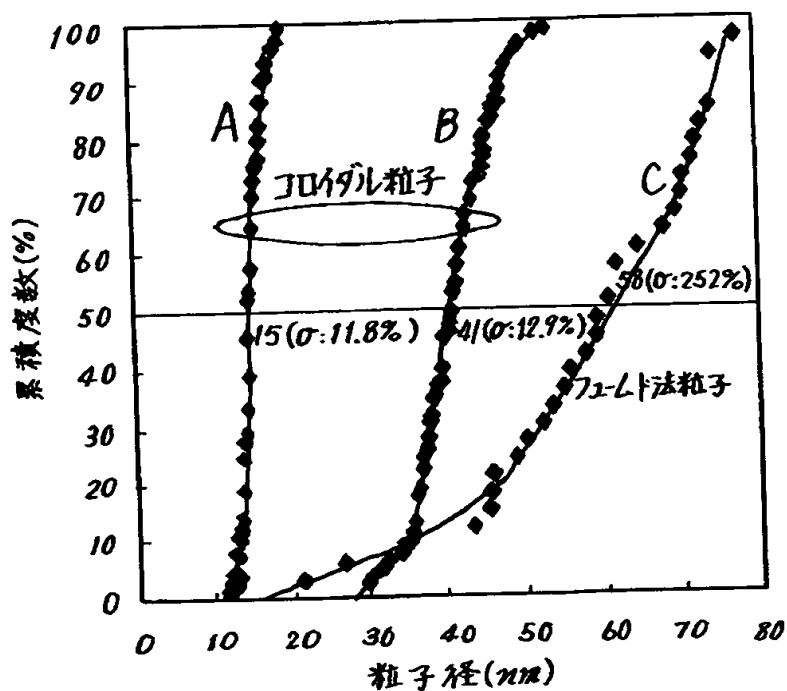
20・・・ウエハ、 21・・・ステージ、 22・・・ベアリング、  
23・・・研磨盤受け、 24・・・研磨盤、 25・・・研磨パッド、  
26・・・駆動シャフト、 27・・・モーター、 28・・・回転ベルト、  
29・・・テンプレート、 30・・・吸着布、  
31・・・トップリング、 32・・・駆動シャフト、  
33・・・モーター、 34、35・・・ギア、 36・・・駆動台、

3 7 . . . シリンダ、 3 8 . . . スラリ供給パイプ、  
1 0 0、2 0 0、3 0 0 . . . 基板、  
1 0 1、2 0 1、3 0 1 . . . パターニングを施した絶縁膜、  
1 0 2、3 0 2 . . . TaN膜、 1 0 3 . . . Cu膜、  
1 0 5、2 0 5、3 0 5 . . . 配線溝、  
1 0 6、2 0 6、3 0 6 . . . 埋め込み配線、  
2 0 2 . . . Nb膜、 2 0 3 . . . Al膜、 3 0 3 . . . W膜。

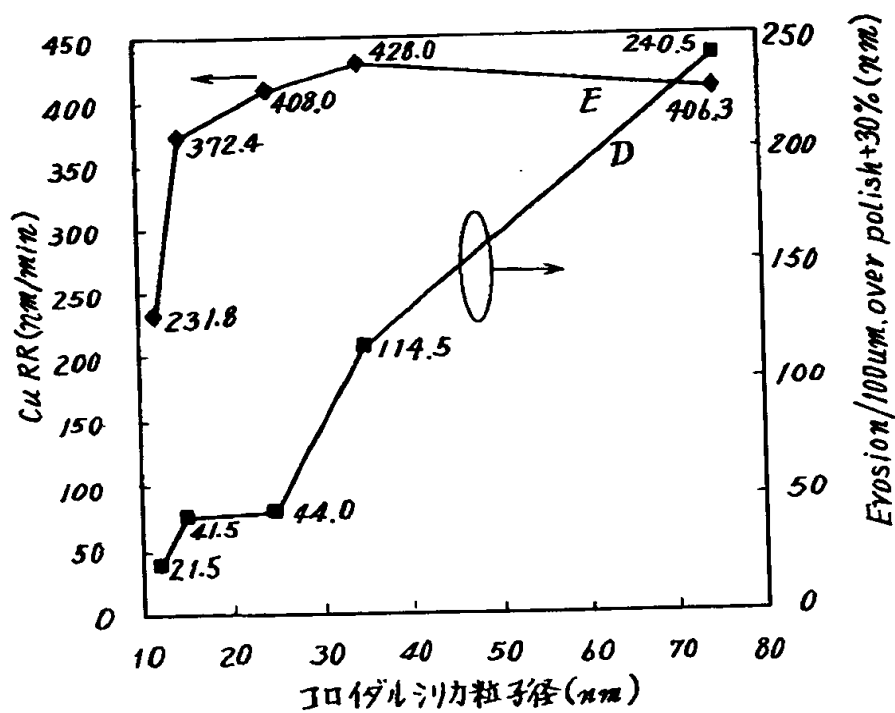
【書類名】

図面

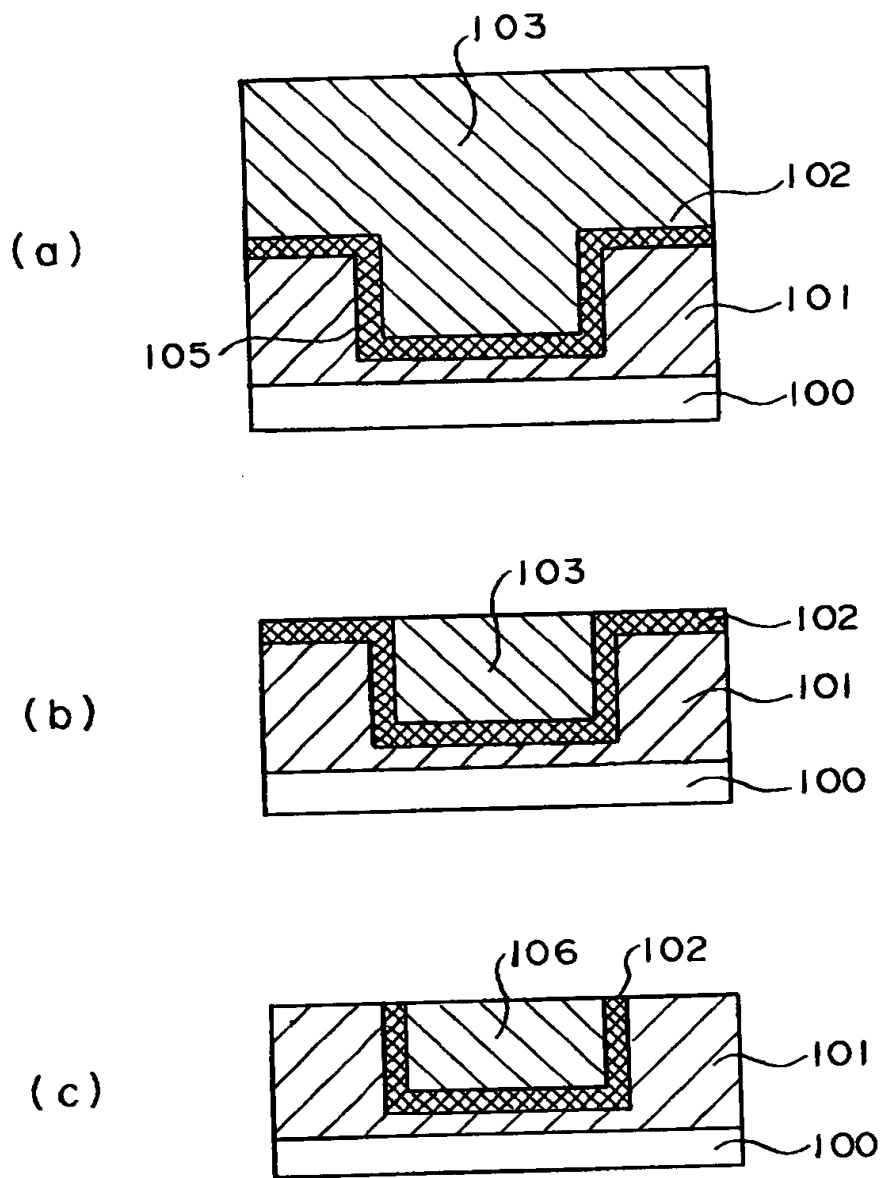
【図1】



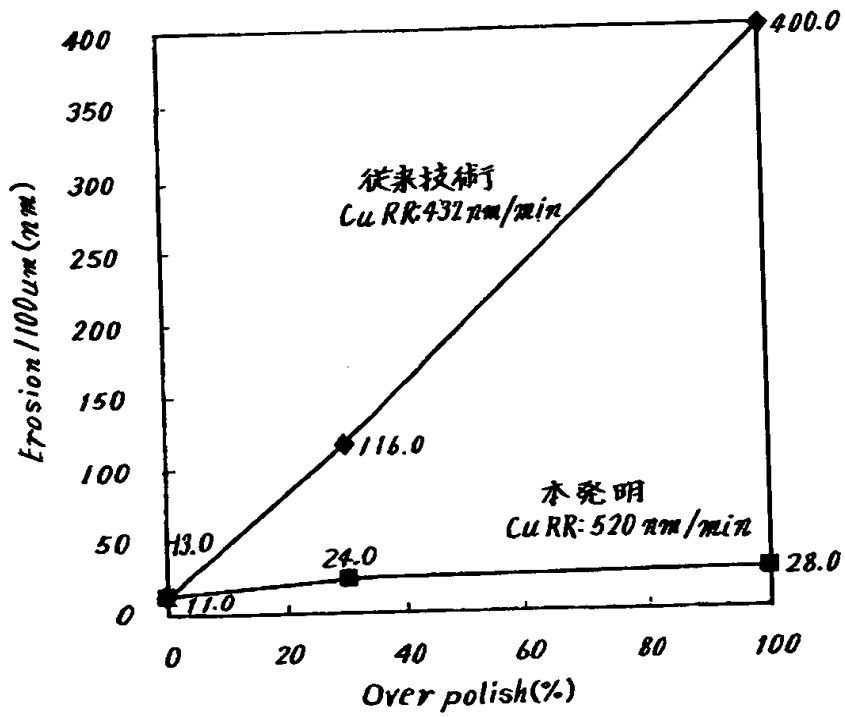
【図2】



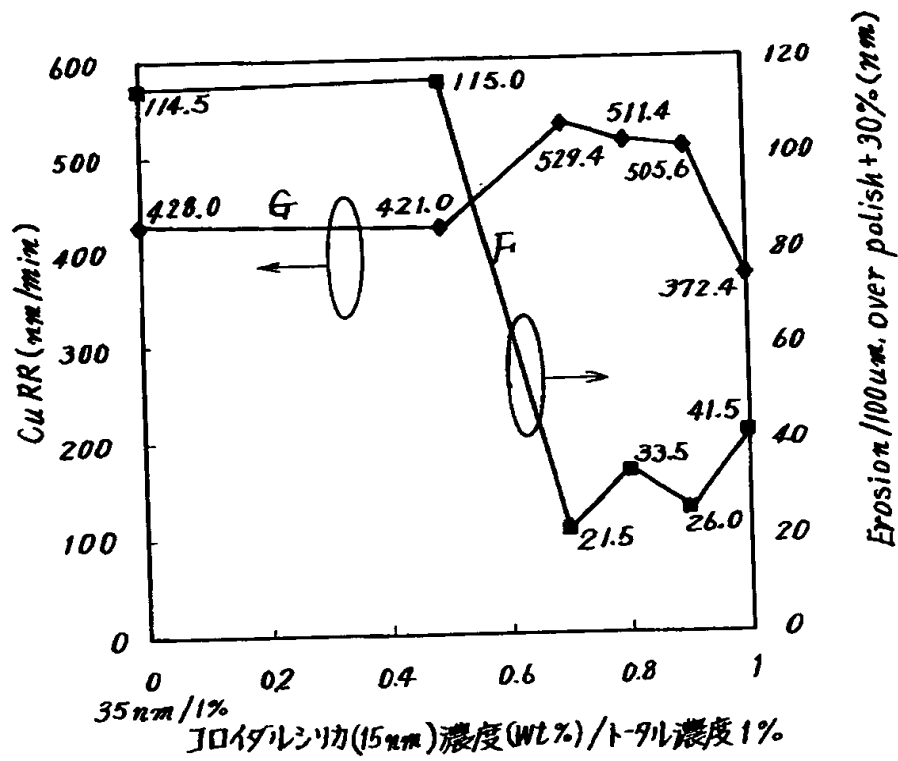
【図 3】



【図4】

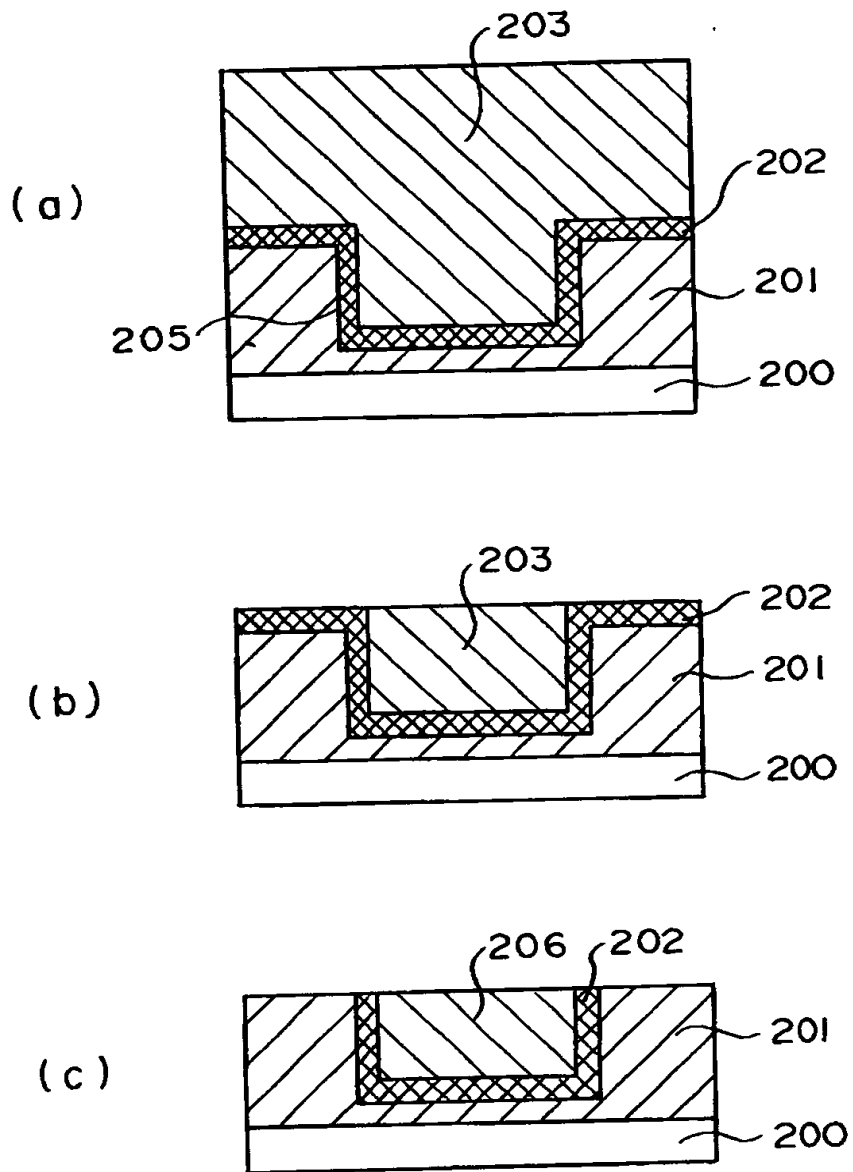


【図5】

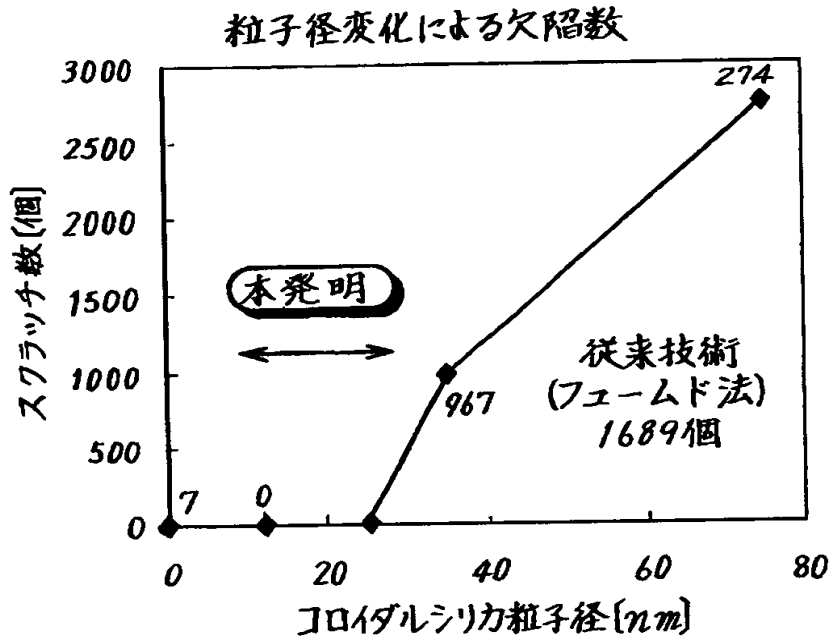




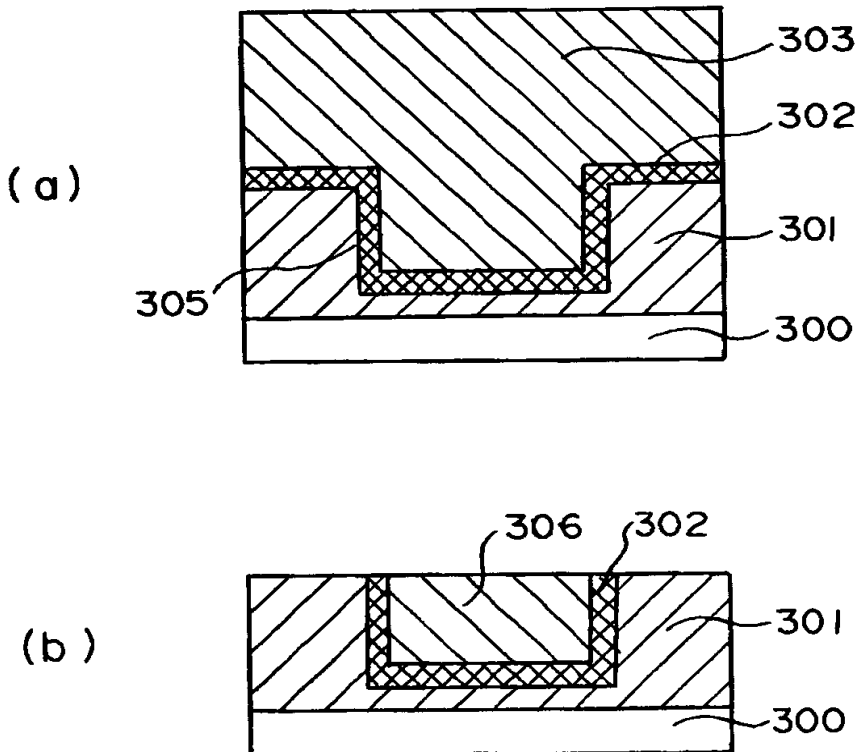
【図6】



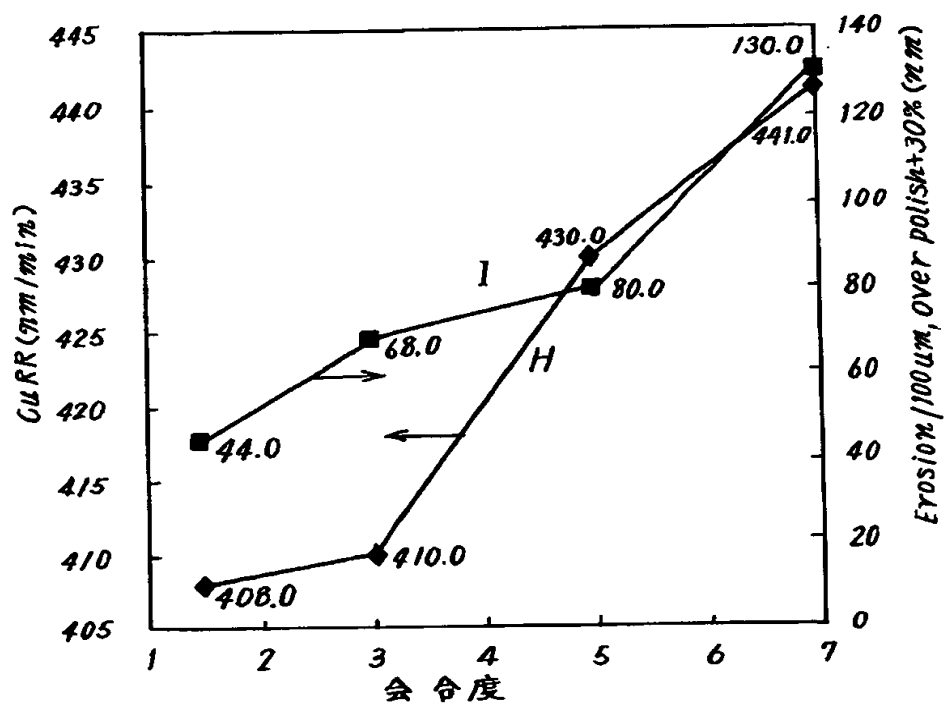
【図7】



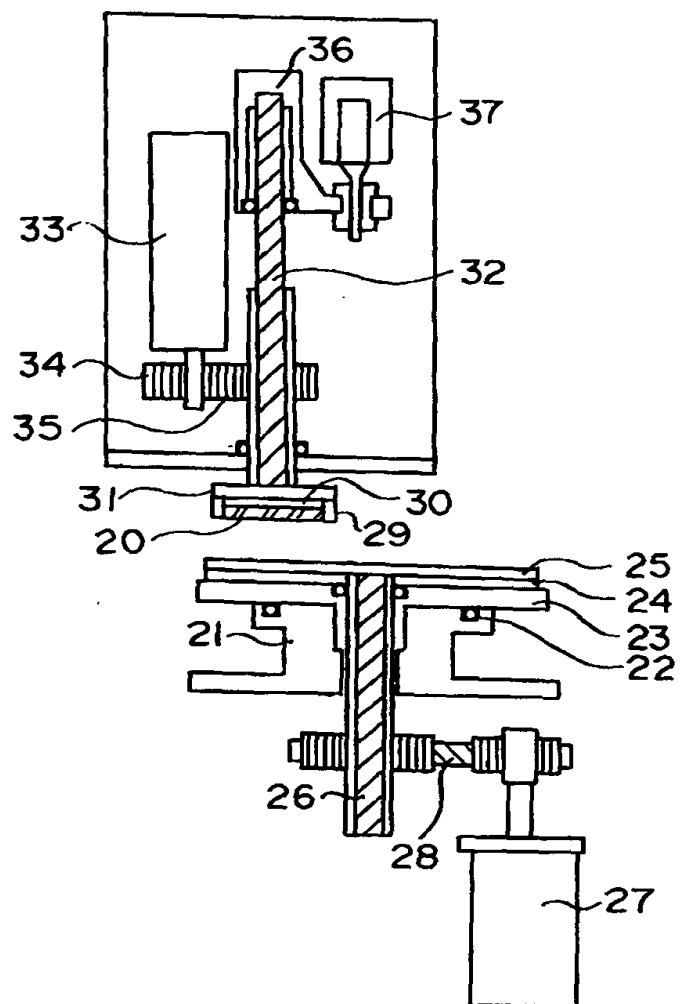
【図8】



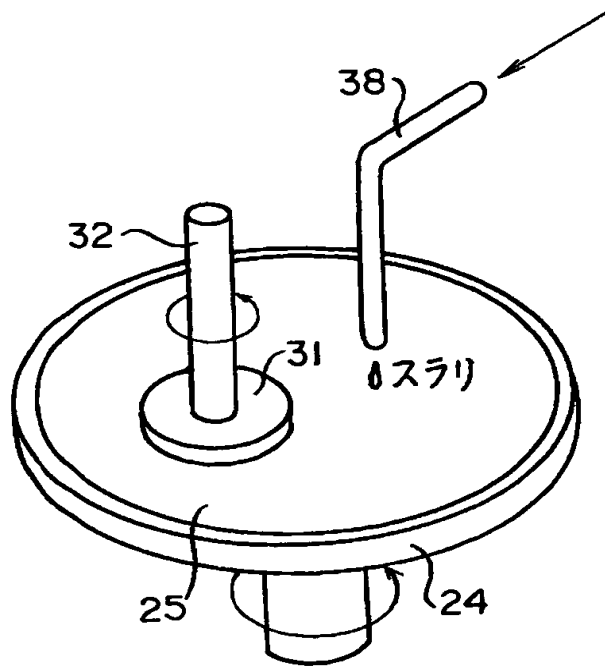
【図9】



【図10】



【図 1 1】



【書類名】

要約書

【要約】

【課題】 コロダイル粒子を用いて、その理想的な粒子バランスを実現するCMP用スラリー及びこのスラリーを用いた半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 半導体ウェーハは1次粒子径及び分散状態（単分散あるいは5個まで会合（会合度5といい、会合度は2次粒子径／一次粒子径を意味している）することを可能にする）をコントロールした少なくとも1種類以上のコロイダル粒子を研磨粒子として含むスラリーによりトップリング31により支持された半導体ウェーハを研磨パッド25を用いてCMPにより研磨する。このスラリーを用いてCu等のメタルのCMPを行って、エロージョンが小さく、且つ欠陥の少ない埋め込み（ダマシン）配線を形成することができる。この溶媒と溶媒に分散した研磨粒子とを備えたスラリーは低エロージョンと共に高研磨速度が達成される。

【選択図】

図11

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 3 0 7 8 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 2 日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地
氏 名	株式会社東芝

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004178]

1. 変更年月日	1997年12月10日
[変更理由]	名称変更
住 所	東京都中央区築地2丁目11番24号
氏 名	ジェイエスアール株式会社